

Г. П. СЕРАЯ, Ф. М. ШУБИН

## **ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ПИОНЕРНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ НА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ЗОЛЕ**

Изучение закономерностей формирования растительного и почвенного покрова при естественном зарастании золоотвалов тепловых электростанций (ТЭЦ) включает широкий круг вопросов, связанных с экологией и биологией отдельных видов растений, являющихся компонентами сменяющих друг друга во времени сингенетических группировок. Особый интерес в этом отношении представляют пионерные виды цветковых растений, которые первыми поселяясь на «свежих» (Тарчевский, 1964) золоотвалах, участвуют совместно с низшими растениями в начальном биологическом освоении и преобразовании специфического экотопа антропогенного (техногенного) происхождения.

Пионерные цветковые растения способствуют обогащению зольного субстрата органическими и минеральными веществами, благодаря чему активизируется деятельность почвенной микрофлоры, создаются условия для прохождения последующих стадий сингенеза формирующимися растительными сообществами. Воздействие цветковых растений на окружающую среду имеет кумулятивный характер и зависит от численности и мощности их ценопопуляций, возникающих на золоотвалах.

Установлено, что каменноугольная зола каменных и бурых углей, слагающая золоотвалы, представляет собой специфический минеральный субстрат, физико-химические и микробиологические свойства которого существенно отличаются от почвы (Тарчевский, 1961; Фирсова, Кулай, 1966; Колесников, Пикалова, 1970; Панин, Ковалев, 1970; Пасынкова, 1974). Из факторов, лимитирующих рост и развитие растений на зольном субстрате, основными являются отсутствие в составе субстрата органических веществ и бедность его необходимыми элементами минерального питания (азот, калий) в доступной для растений форме. Поэтому цветковые растения, произрастающие на золоотвалах, имеют понижен-

ную жизненность и низкую продуктивность (Тарчевский, 1964, 1970; Шубин, 1969; Пикалова, Серая и др., 1974).

Однако конкретные сведения о влиянии каменноугольной золы на рост и развитие пионерных растений в литературе весьма ограничены. Между тем выявление особенностей морфогенеза дикорастущих цветковых растений, произрастающих на специфических техногенных субстратах, имеет не только прикладное биорекультивационное значение. Оно представляет также значительный теоретический интерес в связи с разработкой общей проблемы адаптиогенеза растений к новым экологическим факторам антропогенного (техногенного) происхождения, расширяющим свое воздействие на растительный мир в эпоху научно-технического прогресса. Известно (Кулагин, 1973), что адаптация растений к специфическим антропогенным факторам среды может осуществляться на самых различных уровнях. Нами сделана попытка проанализировать особенности роста и развития некоторых видов пионерных цветковых растений при выращивании на каменноугольной золе с целью выявления путей и способов адаптации их в процессе онтогенеза (т. е. на уровне особи) к острому дефициту в зольном субстрате элементов корневого питания. Объектами исследования были виды цветковых растений из числа обычных доминантов и субдоминантов пионерных группировок, формирующихся на золоотвалах ТЭЦ: марь белая (*Chenopodium album*), лебеда лоснящаяся (*Atriplex nitens* Sch.), донник белый (*Melilotus albus* Desr.), бескильница Гаупта (*Puccinella Hauptiana* Trin.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), черныбыльник (*Artemisia vulgaris* L.).

Вегетационный опыт проводился в 1973—1974 гг. в ботаническом саду Уральского университета (Свердловск). Растения выращивались в глиняных сосудах, наполненных золой экибастузского угля (6,5 кг по весу абсолютно сухого субстрата), привезенной с золоотвала Среднеуральской ГРЭС. В контрольном варианте использовалась дерново-подзолистая суглинистая почва (окультуренный горизонт), взятая с опытного участка ботсада. Влажность золы и почвы в сосудах в течение всего вегетационного периода поддерживалась в пределах 65—70% от полной влагоемкости субстратов.

Посев растений был проведен в конце мая проросшими семенами в количестве 25 штук на сосуд (повторность восьмикратная). После появления всходов в каждом сосуде было окольцовано по 5 растений для последующего изучения сезонной динамики роста побегов в высоту, а также интенсивности листо- и побегообразования. В конце вегетационного периода по каждому варианту опыта были взяты модельные растения (пятнадцатикратная повторность) для морфологического анализа и определения веса воздушно-сухой массы надземных и подземных органов.

Наблюдения показали, что реакция растений на специфические свойства зольного субстрата начинает проявляться с момента по-

явления всходов. Темпы сезонного развития растений замедлены. Так, в опытном варианте начало фазы бутонизации задержалось по сравнению с контролем у лебеды и полыни на 12—15 дней, а у мари, донника, бескильницы и чернобыльника на 7—8 дней. В свою очередь фазы цветения и плодоношения были сдвинуты также на более поздние сроки. Однако, несмотря на задержку в сезонном развитии, все опытные растения прошли полный цикл развития и дали полноценные всхожие семена. Это указывает на потенциальную способность пионерных видов растений к семенному возобновлению в условиях золоотвала.

Дефицит питательных веществ в каменноугольной золе отразился на интенсивности органообразовательных и ростовых процессов. У разных видов это выразилось в неодинаковой степени. Так, среднесуточный прирост побегов в высоту за сезон у мари, лебеды, полыни и бескильницы в условиях опыта уменьшился по сравнению с контролем в два с лишним раза, в то время как у чернобыльника и донника разница между контролем и опытом составила не более 20%. Особенно наглядно ослабление органообразовательных процессов у опытных растений проявилось в изменении мощности их главного побега, формирующегося из зародышевой почки семени (табл. 1).

Таблица 1

Развитие главного побега растений в зависимости от условий выращивания к концу вегетационного периода \*

Вид	Среднее количество метамеров	Средняя высота, см
Донник белый . . . . .	$12,5 \pm 0,56$	$20,4 \pm 1,21$
	$13,0 \pm 0,69$	$18,5 \pm 1,44$
Марь белая . . . . .	$22,7 \pm 0,19$	$48,2 \pm 1,34$
	$17,0 \pm 0,78$	$24,4 \pm 1,89$
Лебеда лоснящаяся . . . . .	$19,0 \pm 0,68$	$38,8 \pm 5,42$
	$13,7 \pm 0,37$	$21,3 \pm 1,66$
Полынь горькая . . . . .	$7,7 \pm 0,14$	$13,7 \pm 0,44$
	$6,6 \pm 0,19$	$5,7 \pm 0,37$
Чернобыльник . . . . .	$8,2 \pm 0,38$	$14,8 \pm 0,49$
	$7,4 \pm 0,41$	$12,1 \pm 0,91$
Бескильница Гаупта . . . . .	$11,0 \pm 0,76$	$35,3 \pm 2,02$
	$10,3 \pm 0,83$	$16,1 \pm 1,62$

\* В числителе — растения на почве, в знаменателе — на золе.

Кроме донника, у всех видов при произрастании на золе общее число метамеров главного побега достоверно сокращается, что отражает снижение темпа и интенсивности органообразовательной

деятельности верхушечной меристемы. Контрольные и опытные растения всех видов также значительно различались между собой и по высоте главного побега (у мари, полыни и бескильницы в два и более раза). Это обусловлено не только изменением количества, но и мощности отдельных метамеров. Ослабление ростовых процессов у метамерных органов побега проявилось в уменьшении не только длины междоузлий стебля, но и размеров отдельных листьев (табл. 2.).

Таблица 2

Площадь листовой пластинки листа четвертого яруса главного побега растений в зависимости от условий выращивания, см<sup>2</sup>

Вид	Условия выращивания	
	зола (опыт)	почва (контроль)
Мать белая . . . . .	1,3±0,32	2,6±0,63
Лебеда лоснящаяся . . . . .	1,5±0,28	3,7±0,57
Донник белый . . . . .	2,6±0,21	4,1±0,43
Бескильница Гаупта . . . . .	0,3±0,06	0,7±0,04
Чернобыльник . . . . .	1,5±0,25	2,1±0,31

От интенсивности ростовых и органообразовательных процессов у главного побега зависит интенсивность образования дочерних боковых побегов. Например, к концу первого вегетационного периода контрольные растения бескильницы имели в среднем 17 побегов кущения, а опытные только 11. Относительное количество генеративных побегов сократилось с 24 (почва) до 9% (зола). Изменилась и мощность генеративных побегов: длина метелки в контроле составила 13,5 см, в опыте—10,5 см; количество ярусов в соцветии сократилось соответственно с 6,2 до 4,8, а среднее количество колосков на веточке с 4,1 до 2,6.

У растения как целостного организма формирование надземных органов происходит в тесной взаимосвязи с формированием и ростом корней. На зольном субстрате формирование и рост корневой системы угнетается в меньшей степени, чем рост надземных побегов. Полученные данные показывают, что опытные растения, значительно уступая контрольным по высоте главного побега, не отличаются существенно от них по длине корней. Однако корни в этом случае образуются более тонкими и менее разветвленными. По данным С. Я. Беспрозваны (1966), у растений, произрастающих на золоотвалах, морфологическая структура корневой системы может претерпевать значительные изменения.

Формирование и рост надземных и подземных органов у растений является одновременно процессом образования структурных элементов их продуктивности. Чем полнее удовлетворяются материально-энергетические потребности при взаимодействии растений

Таблица 3

**Изменение фитомассы растений в зависимости от условий  
их выращивания к концу первого вегетационного периода \***

Вид растений	Вес воздушно-сухой массы, г			Относитель- ный вес корней, %
	Всего	в том числе		
		надземных побегов	корней	
Марь белая . . . . .	0,17	0,13	0,04	23,4
	0,53	0,48	0,05	9,4
Лебеда лоснящаяся . . . . .	6,44	4,38	2,06	32,1
	8,58	6,38	2,20	25,6
Донник белый . . . . .	2,65	0,71	1,94	74,0
	3,97	1,12	2,85	72,3
Бескильница Гаупта . . . . .	0,69	0,24	0,45	65,2
	3,85	1,61	2,24	58,1
Полынь горькая . . . . .	0,61	0,20	0,41	68,1
	1,38	0,66	0,72	52,2
Чернобыльник . . . . .	0,22	0,06	0,16	72,8
	0,71	0,25	0,46	64,5

\* В числителе — растения на золе, в знаменателе — на почве.

с окружающей средой, тем интенсивнее происходит образование и накопление органического вещества. В конечном итоге наиболее общим показателем, отражающим весь ход морфогенетических и ростовых процессов, является биомасса надземных и подземных органов, образовавшихся у растений в течение вегетационного периода.

Полученные данные показывают, что опытные растения, как правило, по общей фитомассе уступают контрольным более чем в 2 раза. Наиболее устойчивым к неблагоприятным условиям корневого питания на каменноугольной золе оказался донник белый, у которого разница в продуктивности опытных и контрольных растений составляет лишь 20%. Его относительно высокая «золоустойчивость» обусловлена, по-видимому, известной способностью бобовых компенсировать ограниченное содержание азотных соединений в субстрате за счет использования атмосферного азота с помощью азотфиксирующих клубеньковых бактерий.

Как известно (Устенко, 1963; Мокроносов, 1966, Блэк, 1973), в зависимости от условий произрастания, в частности уровня азотного питания, у растений изменяется не только количество и

качество продуктов метаболизма, но и доля использования их для роста различных органов. Эту закономерность подтверждают и наши наблюдения. Было выявлено, что при выращивании растений на золе биомасса побегов уменьшается в большей степени, чем биомасса корней. В связи с этим изменяется относительный вес корней, т. е. та часть, которую составляют корни от общей массы растения (табл. 3).

Относительный вес корней у всех исследованных растений в условиях опыта, по сравнению с контролем, возрастает. Более мощное развитие корневой системы в условиях, неблагоприятных для корневого питания, является биологически целесообразной реакцией растительного организма как целого, так как обеспечивает его более мощным поглощающим и синтезирующим аппаратом.

Таким образом, анализ полученных данных позволяет считать, что относительная «золоустойчивость» пионерных цветковых растений, способных завершить полный цикл развития при остром дефиците в зольном субстрате элементов корневого питания, обусловлена способностью изменять направленность морфогенетических процессов в сторону более интенсивного формирования и роста корневой системы. Это обеспечивает растительный организм более мощным аппаратом для поглощения необходимых элементов питания и может рассматриваться как один из механизмов адаптации цветковых растений к недостатку питательных веществ в каменноугольной золе.

## ЛИТЕРАТУРА

*Беспрозвана С. Я.*, 1964. Выращивание многолетних травянистых растений на рыхлых золоотвалах. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск.

*Блэк К. А.*, 1973. Растение и почва. М.

*Власова Г. М.*, 1964. Рост и развитие растений второго года жизни на золоотвале Березниковской ТЭЦ № 4. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск.

*Колесников Б. П., Пикалова Г. М.*, 1970. Некоторые результаты работ лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск.

*Кулагин Ю. З.*, 1973. Газоустойчивость растений и преадаптации. «Экология», 2.

*Мокроносов А. Т.*, 1966. Использование продуктов фотосинтеза в ростовых процессах. В кн. «Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности». М.

*Панин П. С., Ковалев Р. В.*, 1970. Химические и водно-физические свойства золоотвалов Новосибирской ТЭЦ. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск.

*Пасынкова М. В.*, 1974. Зола углей как субстрат для выращивания растений. В сб. «Растения и промышленная среда», вып. 3. Свердловск.

*Пикалова Г. М., Серая Г. П., Пасынкова М. В., Левит С. Я., Шубин Ф. М., Комов С. В.*, 1974. Некоторые закономерности формирования культурфитоценозов на золоотвалах ТЭЦ Урала. В сб. «Растения и промышленная среда», вып. 3. Свердловск.

*Тарчевский В. В.*, 1961. Наблюдения над закрытием растительностью пылящих пространств промышленных отходов в Свердловской области. В сб. «Охрана природы на Урале», вып. 2. Пермь.

*Тарчевский В. В.*, 1964. Биологические методы консервации золоотвалов тепловых электростанций Урала. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск.

*Тарчевский В. В.*, 1970. Классификация промышленных отвалов. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 7. Свердловск.

*Устенко Г. П.*, 1963. Фотосинтезирующая деятельность растений в почвах как основа формирования высоких урожаев. В сб. «Фотосинтез и вопросы продуктивности растений». М.

*Фирсова В. П., Кулап Г. А.*, 1966. Физико-химические и микробиологические свойства золы отвалов тепловых электростанций Свердловской области. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск.

*Шубин Ф. М.*, 1969. Особенности роста и развития донника белого, люцерны желтой и регнерии волокнистой на каменноугольной золе. Канд. дис. Свердловск.